

### III NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR LASER DIODE

Pat nt Number: JP2001102673  
Publication date: 2001-04-13  
Inv ntor(s): KOIKE MASAYOSHI; NAGAI SEIJI  
Applicant(s): TOYODA GOSEI CO LTD  
Requested Patent: JP2001102673  
Application Number: JP19990274234 19990928  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01S5/022; H01S5/10; H01S5/323  
EC Classification:  
Equivalents:

---

#### Abstract

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a laser light-emitting element which is connected stably, sur ly, correctly and easily.

**SOLUTION:** Fig. 2 is a typical cross section of a III nitride compound semiconductor laser diode 100 at connecting a heat sink. A positive electrode 106 and a negative electrode 107 are film-formed by vapor-deposition, respectively, and both are so formed as to have an almost equal film thickness. The positive electrode 106 and the negative electrode 107 are connected with a solder 3 to metal electrode-connecting patterns 2 for each of positive and negative electrodes formed on a surface of the heat sink 1, r spectively. By constituting and connecting the III nitride compound semiconductor laser diode 100 in this manner, the laser diode 100 will not incline and is fixed stably with certainty on the heat sink 1. The negative electrode 107 has a large area, and further it is in contact with the heat sink 1 widely with the electrode-connecting pattern 2 in-between. By this constitution, high heat-release effect is obtained in th laser diode 100.

---

Data supplied from the esp@cenet database - 12

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-102673

(P2001-102673A)

(43) 公開日 平成13年4月13日 (2001.4.13)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マ-ト\* (参考)

H 0 1 S 5/022  
5/10  
5/323

H 0 1 S 5/022  
5/10  
5/323

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平11-274234

(22) 出願日

平成11年9月28日 (1999.9.28)

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地

(72) 発明者 小池 正好

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

(72) 発明者 永井 誠二

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

(74) 代理人 100087723

弁理士 藤谷 修

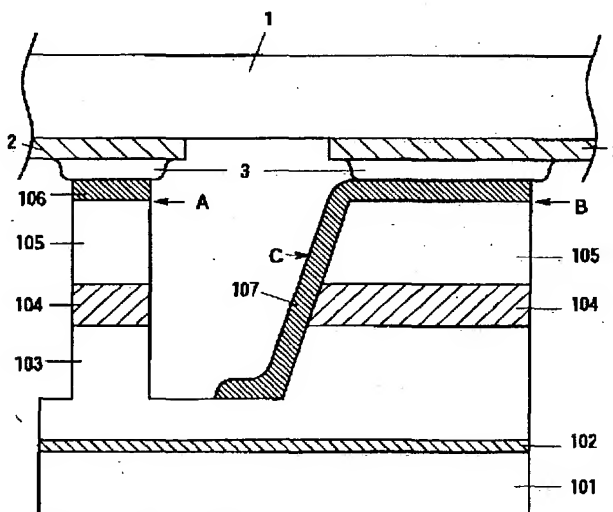
Fターム(参考) 5F073 AA13 AB17 CB05 CB07 DA06  
DA21 DA31 EA15 FA13 FA22

(54) 【発明の名称】 III族窒化物系化合物半導体レーザーダイオード

(57) 【要約】

【課題】 安定、確実、かつ正確な接続が容易なレーザー発光素子を実現する。

【解決手段】 図2は、III族窒化物系化合物半導体レーザーダイオード100のヒートシンク1に接続した際の模式的な断面図である。正電極106と負電極107は、それぞれ蒸着により成膜されており、両者は略同じ膜厚に形成されている。ヒートシンク1の表面に形成された正、負各々に対する金属製の電極接続パターン2に、正電極106、及び負電極107がそれぞれ半田3により接続されている。この様に、III族窒化物系化合物半導体レーザーダイオード100を構成し、接続することにより、本レーザーダイオード100は傾かず、安定して確実にヒートシンク1上に固定されている。また、負電極107は広面積を持ち、更に、電極接続パターン2を介して幅広くヒートシンク1と接している。この構成により、本レーザーダイオード100においては、高い放熱効果が得られている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板の上に III族窒化物系化合物半導体から成る複数の層を積層し、共振器部分を残してその周辺部分をエッチング等により除去することで、共振器が平頂な島型に形成されたフリップチップ型の半導体レーザダイオードにおいて、前記共振器以外の、前記エッチング等の対象とされずに残された浸食残骸部と、前記共振器の平頂部に直接、平板状に形成された正電極とを備え、前記浸食残骸部は、前記平頂部と略同じ高さの半導体層の上面を有し、前記エッチング等により前記上面に対して傾斜して露出した半導体層の露出部の表面に、前記上面の少なくとも一部分にまで拡張されて負電極が形成され、前記負電極は、前記上面に対して傾斜したテーパ部を有することを特徴とする III族窒化物系化合物半導体レーザダイオード。

【請求項2】 基板の上に III族窒化物系化合物半導体から成る複数の層を積層し、共振器部分を残してその周辺部分をエッチング等により除去することで、共振器が平頂な島型に形成されたフリップチップ型の半導体レーザダイオードにおいて、前記共振器以外の、前記エッチング等の対象とされずに残された浸食残骸部と、前記共振器の平頂部に直接、平板状に形成された正電極とを備え、前記浸食残骸部は、前記平頂部と略同じ高さの半導体層の上面を有し、前記基板の底面に負電極が形成され、前記基板は電気伝導性を有し、前記上面の少なくとも一部分に絶縁膜が形成されていることを特徴とする III族窒化物系化合物半導体レーザダイオード。

【請求項3】 前記上面の少なくとも一部分に絶縁膜が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の III族窒化物系化合物半導体レーザダイオード。

【請求項4】 前記上面の少なくとも一部分に形成された、前記負電極又は前記絶縁膜の膜厚は、前記平頂部に形成された前記正電極の膜厚と略同じであることを特徴とする請求項1乃至請求項3の何れか1項に記載の III族窒化物系化合物半導体レーザダイオード。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電極の構造を高度に鑑みた、III族窒化物系化合物半導体を用いたレーザダイオードに関する。

## 【0002】

【従来の技術】III族窒化物系化合物半導体レーザダイオードの従来技術としては、例えば、公開特許公報「特

開平9-199787：窒化物半導体レーザ素子」（以下、「従来技術①」と言う場合がある。）に記載されたものや、公開特許公報「特開平10-200213：窒化ガリウム系半導体レーザ」（以下、「従来技術②」と言う場合がある。）に記載されたもの等がある。

【0003】従来技術①における III族窒化物系化合物半導体レーザダイオード900の模式的断面図を図8に示す。901はサファイア基板、902はn型 III族窒化物系化合物半導体層、903は活性層、904はp型 III族窒化物系化合物半導体層、905は正電極、906は負電極である。また、908は予め電極接続パターン907が形成された絶縁基板であり、半田909により上記の正電極905および負電極906と接続されている。

【0004】正電極905のp型 III族窒化物系化合物半導体層904との接触部分の幅は、電流狭窄を起こさせるために通常1〜3μmと非常に狭くなっている。また、正電極905と負電極906との間には、空間的に大きな段差がある。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】III族窒化物系化合物半導体レーザダイオードを製造する場合、キャリアの閉じ込め効果や光閉じ込め効果を十分に得るためには、リッジをn型 III族窒化物系化合物半導体層まで形成する構造（メサ構造）を採用することが望ましい。

【0006】しかしながら、従来技術①においては、図8に示すように、上記の901〜906より成る発光素子を上記の907、908より成るヒートシンクに接続する際、上記の段差を半田909で全て解消しなければならず、また、この段差の大きさは、個々の半導体素子にわたり均一ではないため、画一的な処置によってこの段差を解消することは容易ではなかった。

【0007】このため、従来技術①においては、レーザダイオードが傾きやすく、リードフレームやヒートシンク上にある決まった一定の角度に接続することが難しいという問題があった。

【0008】また、上記の従来技術①においては、半田等の導電性接着剤を多量に用いなければならず、短絡等の不具合が発生する恐れが在るという問題があった。

【0009】また、上記の従来技術②においては、上記の従来技術①における上記の問題に対する対策が一応は試みられているものの、十分な問題解決には至っていない。即ち、上記の従来技術②においては、エッチング等により露出された半導体層の側壁が、正電極を形成する半導体の表面に対して略垂直になってしまっており、特に、この側壁が、形成される負電極の膜厚に対して比較的高い場合には、この側壁に負電極を真空蒸着等により形成する際に、負電極をムラなく一定の厚さに形成することが困難となっていた。このため、露出された半導体層の側壁に負電極を真空蒸着等により形成するこ

とは容易でなく、負電極の断線による接続不良や負電極の高抵抗化等の不具合が発生する恐れがあるという問題があった。

【0010】本発明は、上記の問題を解決するために成されたものであり、その目的は、光閉じ込め効果やキャリア閉じ込め効果が十分得られ、負電極の接続不良や高抵抗化、或いは、電極間の短絡等の不具合が発生せず、リードフレームやヒートシンクに確実かつ正確に接続することが容易なレーザダイオードを提供することである。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するためには、以下の手段が有効である。即ち、第1の手段は、基板の上に III族窒化物系化合物半導体から成る複数の層を積層し、共振器部分を残してその周辺部分をエッチング等により除去することで、共振器が平頂な島型に形成されたフリップチップ型の半導体レーザダイオードにおいて、共振器以外のエッチング等の対象とされずに残された浸食残骸部と、共振器の平頂部に直接、平板状に形成された正電極とを備え、この浸食残骸部の一部として、共振器の平頂部と略同じ高さの半導体層の上面を残し、上記のエッチング等によりこの上面に対して傾斜して露出した半導体層の露出部の表面に、負電極をこの上面の少なくとも一部分にまで拡張して形成することにより、この負電極に、上記の上面に対して傾斜したテーパー部を設けることである。ただし、上記の半導体レーザダイオードは、面発光型のものであっても、端面発光型のものであっても良い。また、上記の島型の共振器とは、いわゆるメサ型、ストライプ型、或いは、リッジ型等と一般に呼ばれる共振器を含むものとする。

【0012】また、第2の手段は、基板の上に III族窒化物系化合物半導体から成る複数の層を積層し、共振器部分を残してその周辺部分をエッチング等により除去することで、共振器が平頂な島型に形成されたフリップチップ型の半導体レーザダイオードにおいて、共振器以外のエッチング等の対象とされずに残された浸食残骸部と、共振器の平頂部に直接、平板状に形成された正電極とを備え、この浸食残骸部の一部として、共振器の平頂部と略同じ高さの半導体層の上面を残し、基板の底面に負電極を形成し、基板は電気伝導性を有する材料で形成し、上記の上面の少なくとも一部分に絶縁膜を形成することである。ただし、上記の半導体レーザダイオードは、面発光型のものであっても、端面発光型のものであっても良い。また、上記の島型の共振器とは、いわゆるメサ型、ストライプ型、或いは、リッジ型等と一般に呼ばれる共振器を含むものとする。

【0013】また、第3の手段は、上記の第1の手段において、上記の上面の少なくとも一部分に絶縁膜を形成することである。

【0014】更に、第4の手段は、上記の第1乃至第3

の何れか1つの手段において、上記の上面の少なくとも一部分に形成された、負電極又は絶縁膜の膜厚を上記の平頂部に形成された正電極の膜厚と略同じにすることである。以上の手段により、前記の課題を解決することができる。

#### 【0015】

【作用及び発明の効果】本発明の手段によれば、共振器の平頂部と略同じ高さの上面を持つ半導体層が部分的にエッチング等の対象とされずに残り、この上面に負電極又は絶縁膜を形成されるので、半導体発光素子（レーザダイオード）をヒートシンク等のサブマウントに接続する際に、負電極又は絶縁膜の高さと正電極の高さとを容易に略同じにできる。

【0016】これにより、この接続工程が簡略化できると共に、半導体発光素子が傾かないため、半導体発光素子をヒートシンク等のサブマウントに正確に接続することができる。また、使用する半田等の量も大幅に削減できるため、短絡が発生する恐れも解消され、半田等の材料費が削減できるという効果も生れる。

【0017】また、本発明によれば、エッチング等により露出された半導体層の側壁が斜めに形成されるため、この側壁に負電極をムラなく一定の厚さに形成することが容易となり、接続不良や負電極の高抵抗化等の不具合が発生する恐れが無くなるという効果が得られる。

【0018】また、上記の上面の面積を広く確保することにより、電極を予め電極接続パターンが形成されたヒートシンク等に接続する際、半導体発光素子の半田等との接触面積を従来よりも大幅に広く取ることができる。このため、半導体発光素子が安定し易く、従来よりも確実にヒートシンクに接続することが容易となる。

【0019】また、本発明によれば、負電極の表面積や半導体発光素子のヒートシンクとの接触面積を従来よりも大幅に広く取ることができるため、電流狭窄による活性層からの発熱を外部に放熱し易いという効果もある。

【0020】また、本発明において特に、絶縁膜を形成しない手段を採用する場合には、その分だけ製造工程が簡略化できるという効果もある。

【0021】尚、これらの作用・効果は、少なくとも  $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x+y \leq 1$ ) にて表される2元系、3元系若しくは4元系の半導体から成る半導体層が積層され、電極又は保護膜層を有する III族窒化物系化合物半導体レーザダイオード一般に対して得ることができる。また、III族元素の一部は、ボロン (B)、タリウム (Tl) で置き換えても良く、また、窒素 (N) の一部をリン (P)、砒素 (As)、アンチモン (Sb)、ビスマス (Bi) で置き換えても良い。

【0022】更に、これらの半導体を用いて n 型の III族窒化物系化合物半導体層を形成する場合には、n 型不純物として、Si、Ge、Se、Te、C等を添加することがで

10

20

30

40

50

きる。また、p型不純物としては、Zn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba等を添加することができる。

【0023】また、これらの半導体層を結晶成長させる基板としては、サファイヤ、スピネル、Si、SiC、ZnO、MgO、或いは、III族窒化物系化合物単結晶等を用いることができる。また、バッファ層には、窒化アルミニウム (AlN) 以外にも、一般に、低温で結晶成長させた  $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) を用いることができる。

【0024】また、これらの半導体層を結晶成長させる方法としては、分子線気相成長法 (MBE)、有機金属気相成長法 (MOCVD)、ハライド気相成長法 (HDVPE)、液相成長法等が有効である。

【0025】また、光の反射効率を高めるために、正電極の材料としてAl、In、Cu、Ag、Pt、Ir、Pd、Rh、W、Mo、Ti、Ni、又はこれらを1種類以上含んだ合金を用いることができる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。

(第1実施例) 図1は、本第1実施例のIII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード100の模式的な斜視図である。

【0027】サファイヤ基板101の上には、窒化アルミニウム (AlN) から成るバッファ層102が積層されている。更にその上には、シリコン (Si) ドープのGaN から成る高キャリア濃度  $n^+$  層、ノンドープの  $In_{0.03}Ga_{0.97}N$  から成る中間層、及びGaN から成る  $n$  型クラッド層の順に積層された、これら計3層の半導体層より成る  $n$  型層103が形成されている。

【0028】更にその上には、公知の端面発光型レーザダイオードに見られる端面発光型の活性層104が形成されている。

【0029】この活性層104の上には、GaN から成るキャップ層、マグネシウム (Mg) ドープの  $p$  型  $Al_{0.12}Ga_{0.88}N$  から成る  $p$  型クラッド層、及びMg ドープの  $p$  型  $Al_{0.05}Ga_{0.95}N$  から成る  $p$  型コンタクト層の順に積層された、これら計3層の半導体層より成る  $p$  型層105が形成されている。

【0030】 $n$  型層103は、上方 ( $p$  型層105側) からのエッチングによりその一部が露出され、本エッチングにより、平頂な共振器部分と、浸食残骸部とが形成されている。本エッチングにおいては、レジストマスクの膜厚を共振器に近い部分程薄くすることにより、半導体層がエッチングされる深さを調整しており、これによりテーパ部Cが形成されている。尚、本図において記号Aは端面発光型の共振器の平頂部を表し、記号Bは浸食残骸部の半導体の最上層の上面を表しており、記号Cはテーパ部を示している。

【0031】共振器の平頂部 ( $p$  型層105) の上に

は、ロジウム (Rh) より成る正電極106が、蒸着により成膜されている。露出した  $n$  型層103の露出部から傾斜した半導体層の側壁 (上記のテーパ部) を経て、浸食残骸部の半導体の最上層の上面にかけては、ニッケル (Ni) より成る負電極107が、蒸着により成膜されている。このテーパ部の傾斜は垂直に切り立っている他の側壁に比べ、十分にだらかなため、このテーパ部にはムラなく十分に膜厚のある負電極107が形成されている。即ち、上記の正電極106と負電極107の両者は略同じ膜厚に形成されている。

【0032】図2は、上記のIII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード100のヒートシンク1に接続した際の模式的な断面図である。ヒートシンク1上に形成された正、負各々の金属製の電極接続パターン2に、正電極106、及び負電極107がそれぞれ半田3により接続されている。

【0033】尚、ヒートシンク1は、例えば、シリコン (Si)、窒化アルミニウム (AlN)、或いはダイヤモンド等から形成することができる。また、半田3には、Au-Snや、In-Sn等を使用することが可能である。

【0034】この様に、III族窒化物系化合物半導体レーザダイオード100を構成し、ヒートシンク等の回路基板に接続することにより、本レーザダイオード100は傾かず、安定して確実にヒートシンク1上に固定されている。また、負電極107は広面積を持ち、更に、電極接続パターン2を介して幅広くヒートシンク1と接している。この構成により、本レーザダイオード100においては、高い放熱効果が得られている。

【0035】また、本レーザダイオード100においては、エッチング等により露出された半導体層の側壁が斜めに形成されており、この側壁に負電極をムラなく一定の厚さに形成することが容易なため、接続不良や負電極の高抵抗化等の不具合が発生すること無く、駆動電圧の安定したレーザが得られた。

【0036】(第2実施例) 図3は、本第2実施例のII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード200の模式的な斜視図である。本レーザダイオード200の活性層104を中心とする半導体の積層構成は、第1実施例のレーザダイオード100の半導体積層構成と略同じであり、特にレーザダイオード100との大きな差異がない半導体層については、同一の記号を付している。また、正電極106についても同様である。

【0037】本レーザダイオード200の  $p$  型層105の上側の略全面には、正電極106と略同じ厚さの絶縁膜210が成膜されている。また、本レーザダイオード200の結晶成長基板には、電気伝導性を示す  $n$  型ドープのシリコン (Si) 基板201が用いられている。更に、このシリコン基板201の裏面には、ニッケル (Ni) より成る負電極207が蒸着により、成膜されている。

【0038】図4は、上記のIII族窒化物系化合物半導

体レーザダイオード200のヒートシンク1に接続した際の模式的な断面図である。本レーザダイオード200の正電極106及び絶縁膜210は、ヒートシンク1の表面に形成された電極接続パターン2に半田3により接続されている。また、負電極207には、リード線4が半田3により接続されている。

【0039】この様に、III族窒化物系化合物半導体レーザダイオード200を構成し、接続することにより、本レーザダイオード200は、第1実施例のIII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード100と同様の効果を実現している。

【0040】(第3実施例)図5は、本第3実施例のII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード300の模式的な斜視図である。本レーザダイオード300は、面発光型の共振器を2つ備えており、n型層303、活性層304、p型層305の計3層は、それぞれ公知の面発光型レーザダイオードに見られる面発光に好適な半導体層が形成されている。

【0041】本レーザダイオード300のその他の構成要素には、特に、前記のレーザダイオード100、又は200との大きな差異がないものについては、各々同一の記号を付している。

【0042】図6は、このIII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード300の模式的な平面図である。図5、図6から判る様に、本レーザダイオード300の正電極106と負電極107との間には、レーザダイオード100と同様に、十分な間隔が確保されており、半田で接続する際に短絡の恐れが無い。

【0043】図6に一点鎖線で示す鉛直断面 $\alpha$ 又は $\beta$ における断面図は、図2の断面図と一致する。ただし、本レーザダイオード300は、面発光型であるため、図2のn型層103、活性層104、p型層105は、面発光型のn型層303、活性層304、p型層305と読み替えるものとする。

【0044】この様に、III族窒化物系化合物半導体レーザダイオード300を構成し、接続することにより、本レーザダイオード300においても、第1実施例のII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード100と同様に、本発明の作用・効果を得ることができる。

【0045】(第4実施例)図7は、本第4実施例のII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード400の模式的な断面図である。本レーザダイオード400の共振器は、リッジ型に構成されているが、その他の構成については第1実施例のレーザダイオード100の半導体積層構成と略同じであり、特にレーザダイオード100との大きな差異がない半導体層については、同一の記号を付している。また、正電極106についても同様である。

【0046】この様に、III族窒化物系化合物半導体レーザダイオード400をリッジ型に構成し、ヒートシン

ク等の回路基板に接続することにより、本レーザダイオード400においても、第1実施例のIII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード100と同様に、本発明の作用・効果を得ることができる。

【0047】また、n型層103およびp型層105は、それぞれ複数の層で構成してもよく、単数の層構成としても良い。また、活性層、及びその他の層は、任意の混晶比の4元、3元、2元系の $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x+y \leq 1$ )として良い。

【0048】また、アクセプタ不純物元素には、亜鉛の他、II族元素又は、IV族元素を使用でき、ドナー不純物元素には、シリコンの他、IV族元素、VI族元素を用いることができる。

【0049】また、上記実施例では、サファイア基板やシリコン(Si)基板を用いたが、結晶成長基板には、SiC、GaN、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 等を用いることができる。又、バッファ層にはAlNを用いたがAlGaIn、GaIn、InAlGaIn等を用いることができる。

【0050】尚、本発明の各手段は、前記の第3実施例でも示した様に、面発光型の半導体レーザダイオードに対して適応した場合にも有効であり、この様な場合においても、端面発光型の半導体レーザダイオードの場合と同様に、本発明の作用・効果を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例のIII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード100の模式的な斜視図。

【図2】第1実施例のIII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード100の模式的な断面図。

【図3】第2実施例のIII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード200の模式的な斜視図。

【図4】第2実施例のIII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード200の模式的な断面図。

【図5】第3実施例のIII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード300の模式的な斜視図。

【図6】第3実施例のIII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード300の模式的な平面図。

【図7】第4実施例のIII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード400の模式的な断面図。

【図8】従来技術でのIII族窒化物系化合物半導体レーザダイオード900の模式的な断面図。

#### 【符号の説明】

A … 共振器の平頂部

B … 半導体最上位層の上面

C … テーパ部

100、200、

300、400、

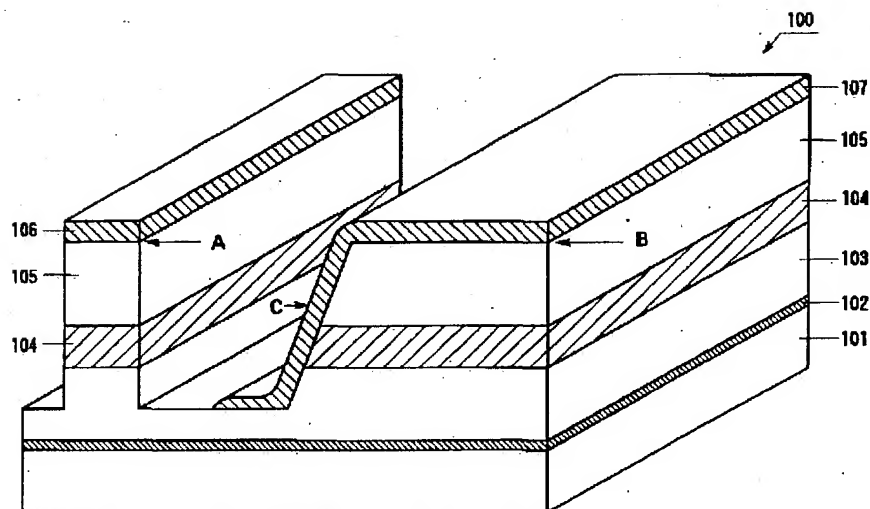
900 … III族窒化物系化合物半導体レーザダイオード

101 … サファイア基板

102 ... バッファ層  
 103 ... n型 III族窒化物系化合物半導体層  
 104 ... 活性層  
 105 ... p型 III族窒化物系化合物半導体層  
 106 ... 正電極  
 107、  
 207 ... 負電極

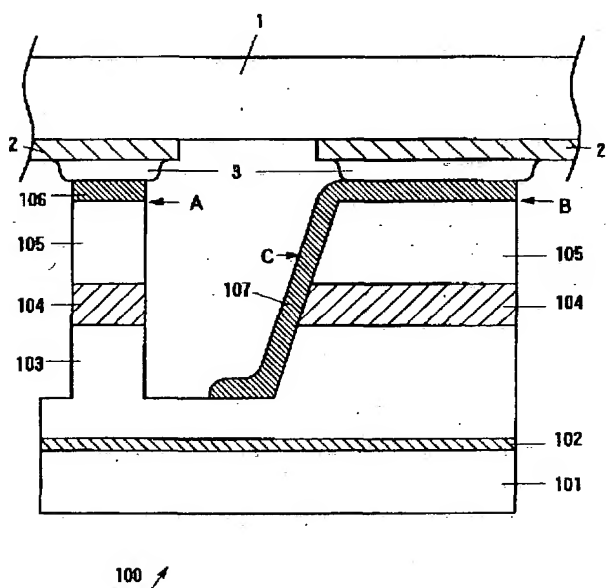
201 ... 半導体基板 (導電性基板)  
 210 ... 絶縁膜  
 1 ... ヒートシンク  
 2 ... 電極接続パターン  
 3 ... 半田等の導電性接着剤  
 4 ... リード線

【図1】

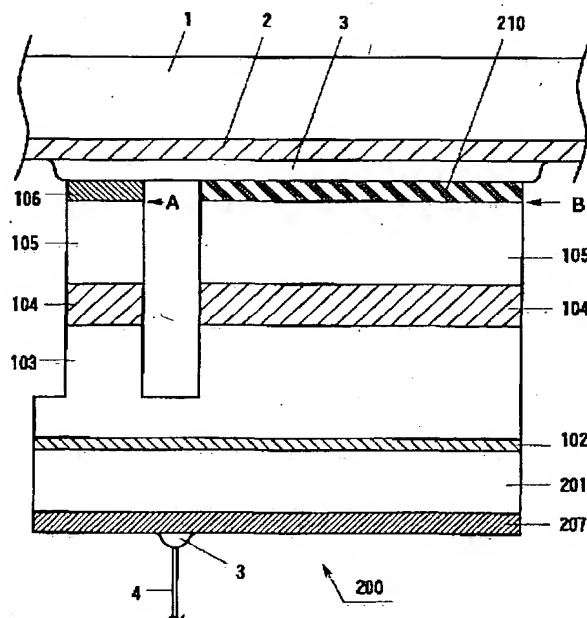


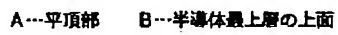
A...共振器の平頂部 B...浸食残骸部の半導体最上層の上面 C...テーパ部

【図2】



【図4】

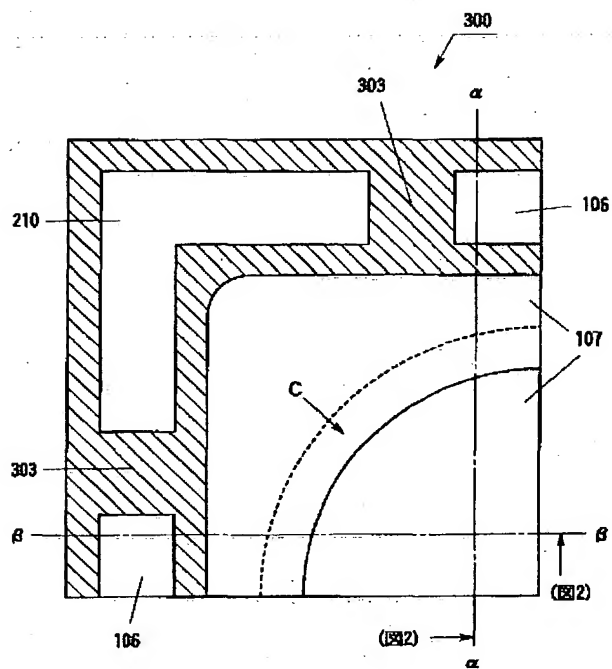




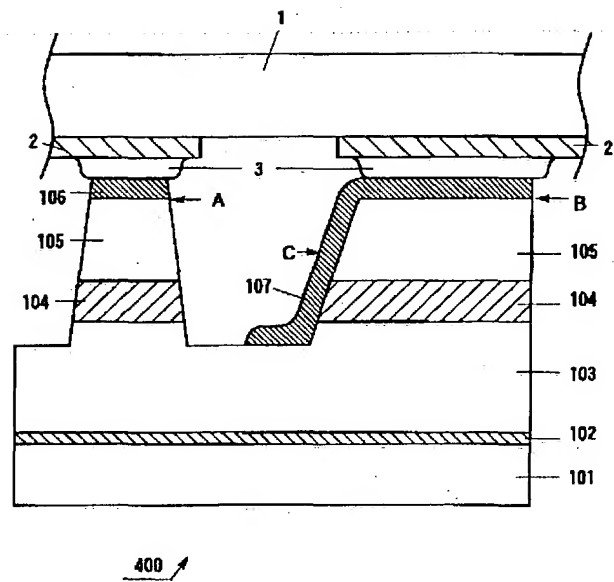
A...平頂部 B...半導体最上層の上面 C...テーパ部



【图6】



【图7】



【图8】

